



TITLE:

津波来襲時の河道内塩水遡上に関する数値解析的研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

永島, 弘士

CITATION:

永島, 弘士. 津波来襲時の河道内塩水遡上に関する数値解析的研究. 京都大学, 2017, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2017-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20349>

RIGHT:

(続紙 1)

京都大学	博士（工学）	氏名	永島 弘士
論文題目	津波来襲時の河道内塩水遡上に関する数値解析的研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、津波に伴って河道内を遡上する塩水の挙動を予測できる数値解析モデルを構築し、具体的な地点における津波来襲時の塩水挙動解析に適用して塩水の空間分布およびその時間変化を定量的に予測するとともに、塩水の河道内への浸入および滞留時間を抑制するための対策案を検討したものである。本論文は以下の5章で構成されている。</p> <p>第1章は序論であり、研究の背景、既往の研究および研究の目的について記述されている。まず、河川から取水を行っている浄水施設は、津波が河道内を遡上したときには塩水の混入を防ぐために取水停止を余儀なくされ、災害時には水道水の供給に支障をきたす可能性があるため、津波来襲時に河道内を遡上する塩水の挙動を正確に予測することの必要性を指摘している。次に、河道内を津波が遡上する場合のような非定常な流れ場における塩水挙動を対象とした既往の研究について調査し、その成果と課題を整理している。これを踏まえ、既往研究において不可能であった塩水の三次元挙動の長時間にわたる解析を可能にするため、特定の領域における三次元塩水挙動解析を広域の平面二次元津波伝播解析と一体的に行うことができる広域津波連動型河道内塩水挙動解析モデルを新たに構築し、具体的な地点における津波来襲時の塩水挙動解析に適用して塩水の空間分布およびその時間変化を定量的に予測するとともに、塩水の河道内への浸入および滞留時間を抑制するための対策案を検討するという研究の目的を示している。</p> <p>第2章では、広域津波連動型河道内塩水挙動解析モデル（以下、本解析モデル）について、このモデルを構成する河道内塩水挙動解析および広域津波伝播解析の概要を説明した上で、両者の連動方法および解析の流れについて詳述している。</p> <p>第3章では、本解析モデルを用いて南海トラフ巨大地震津波来襲時の淀川大堰周辺域における塩水挙動解析を実施し、その適用性を検証した。まず、①広域津波伝播解析の適用性を検証するため、内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」において想定された南海トラフ巨大地震の津波断層モデルを用いて、津波が大阪湾沿岸部へ到達するまでの広域津波伝播解析を行い、沿岸における水位を「南海トラフの巨大地震モデル検討会」の解析結果と比較した。その結果、解析結果が概ね一致したことから、広域津波伝播解析の適用性が良好であることが確認された。次に、②河道内塩水挙動解析の適用性を検証するため、淀川流量と淀川大堰の運用の二種類の組み合わせを対象に、淀川大堰周辺に三次元解析領域を設定した本解析モデルにより求めた水位を、同じ領域に三次元解析領域を設定しない広域津波伝播解析の水位と淀川の複数地点で比較した。この際、三次元解析領域の格子解像度が、三次元解析領域内外の水位や三次元解析領域内の塩水挙動の解析結果に与える影響を検証するため、三次元解析領域の計算格子サイズを三種類設定した。その結果、a) 三次元解析領域の格子解像度に関わらず、本解析モデルにより求めた水位は広域津波伝播解析の水位と概ね一致し、本解析モデルの解析結果において平面二次元解析領域と三次元解析領域の境界面で反射波は発生しなかった。これより、</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	永島 弘士
<p>本解析モデルにおいて広域の津波伝播解析と淀川大堰周辺域の三次元流動解析の接続が適切に行われていることが確認された。さらに、b) 淀川大堰周辺域の塩水挙動解析の結果より、本解析モデルは、特定の領域の河道内塩水挙動解析と広域の津波伝播解析を一体的かつ長時間にわたって実施できることがわかった。一方、c) 三次元解析領域の格子解像度により塩水挙動解析結果に差異が見られ、浄水場の取水口の地点では、格子解像度が最も粗い場合に塩分は最大になり、滞留時間も最長となった。これは、格子解像度が粗いほど塩分が伝播しやすいことに加えて、格子解像度の違いにより流動に差異が生じ、それに伴って塩水挙動にも差異が生じたことが要因と考えられる。</p> <p>第4章では、南海トラフ巨大地震津波来襲時の淀川大堰周辺域を対象に、本解析モデルを用いて淀川流量と淀川大堰の運用の複数の組み合わせについて塩水挙動解析を実施し、塩水の空間分布およびその時間変化を定量的な予測を試みた。その結果、まず、①代表的な5通りの淀川流量と淀川大堰の運用の組み合わせについて、塩水挙動解析を実施したところ、a) 解析を実施した5ケース全てについて、津波が淀川を遡上して淀川大堰に到達し、淀川大堰上流部に塩水が浸入して広がる様子や淀川の流れによって塩水が流下する様子を、塩水が流下し終えるまでの長時間にわたって解析できること、b) 津波の淀川大堰地点通過量は、淀川大堰のゲートが全閉の場合に最も小さくなること、c) 解析を実施した5ケースのいずれについても、津波の淀川大堰地点通過量は第一波来襲時が最も多いことが分かった。また、②この予測結果に基づいて淀川大堰直上流部に位置する浄水場取水口における取水への影響を取水停止時間（取水口前面の塩分濃度が水質基準を超えている時間）を用いて評価した結果、淀川の流量が大きいほど取水停止時間は短くなる傾向があることがわかった。</p> <p>最後に、③淀川大堰の運用を変更することにより淀川を遡上する津波に伴う塩水による取水への影響を軽減できるかどうかを検討した。対策ケース1として、津波第一波の淀川大堰上流部への浸入を抑えるため、地震発生時に淀川大堰のゲートを全閉することを試みた。その結果、津波第一波の浸入は抑えられたが、淀川大堰上流部は流出がなくなって貯水池状になり、絶えず流入する淀川の流量により取水口付近では上流へ向かう流れが発生するため、取水口付近には高濃度の塩分が長時間滞留し、取水への影響はかえって大きくなることがわかった。淀川大堰のゲートを全閉することにより津波第一波の淀川大堰上流部への浸入を抑えられたことから、対策ケース2として、第一波来襲時までゲートを全閉し、第一波来襲後に調節ゲートを開放して淀川大堰上流部に混入した塩水を流下させることを試みた。その結果、淀川大堰のゲートを通常どおりに運用した場合よりも取水停止時間が短くなり、対策ケース2のゲート運用方法が取水の影響を軽減するための対策案となり得ることがわかった。</p> <p>第5章は結論であり、本研究により得られた成果を総括するとともに、開発したモデルを用いて防災、減災に寄与するための今後の展開について記述している。</p>			

氏 名

永島 弘士

(論文審査の結果の要旨)

河川取水の浄水施設の多くは、河道内を遡上する塩分を含む津波により取水口前面の塩分濃度が基準値を超えて上昇すると取水停止を余儀なくされ、災害時に水道水等が十分供給できなくなる可能性がある。本研究では、塩分を含む津波の河道内挙動を予測できる数値解析モデルを開発し、具体的な地点における津波来襲時の塩分挙動に適用して、塩分濃度変化を予測した上で、取水口前面塩分濃度の早期低減策を検討している。本研究の概要は以下のように纏められる。

(1) 広域津波連動型河道内塩水挙動解析モデルの開発

本研究では、津波波源を含む広大な領域における津波挙動と、取水口周辺領域における局所的な塩水挙動を連動して予測評価できる広域津波連動型河道内塩水挙動解析モデルを提案している。このモデルの特徴として、①取水口周辺領域にレイノルズ平均ナビア・ストークスモデル(RANS)に基づく三次元塩水挙動解析、その外側領域に非線形長波理論(NSWE)に基づく平面二次元解析を適用し、ネスティング手法により津波波源を含む領域まで拡大していること、②これら複数の領域を双方向結合ハイブリッド手法により接続することで一体的かつ長時間の解析が実施できること、③塩水と淡水の密度差に基づく塩水の潜り込みなどの密度流現象や河川流により生成される乱れが塩分拡散に与える影響などを適切に予測評価できることが挙げられる。

(2) 開発した解析モデルの淀川大堰周辺域における塩水挙動への適用

本研究では、開発した解析モデルを、南海トラフ巨大地震津波発生時の淀川大堰周辺域における塩水挙動に適用し、淀川大堰上流部から塩水が流下し終えるまでの 24 時間以上の解析を実施できることや、河道内に浸入した塩水の時間的、空間的な広がり把握できることを示している。次に、南海トラフ巨大地震津波来襲時に、塩分濃度低減に対応したゲート運用をしない場合（通常運用）における淀川大堰周辺域の塩分の空間分布およびその時間変化の予測結果をもとに、淀川大堰直上流に設置されている浄水場取水口の取水停止時間（取水口前面塩分濃度が水質基準を超えている時間）を評価したところ、淀川の平水時における代表的な河川流量である $196 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合、取水停止時間が 5.5 時間、淀川の渇水時に想定される最小河川流量が $62 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合、33 時間と評価された。

(3) 開発した解析モデルを用いた取水口前面塩分濃度の早期低減策の検討

以上を踏まえ、開発した解析モデルにより、取水口前面塩分濃度の早期低減により取水停止時間を短縮させるための淀川大堰のゲート運用法を検討した。その結果、津波第一波来襲時までは淀川大堰のゲートを全閉しその後ゲートを開放する運用を行ったケースにおいて、取水停止時間を（淀川河川流量 $196 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合）通常運用より 1.1 時間（約 20 %）短くできる可能性があることを示した。

以上のように、本研究では、津波来襲時の河道内における塩水挙動を波源を含む広域津波挙動と連動させて予測できる解析モデルを新たに提案するとともに、具体的地点の塩分濃度変化予測や塩分濃度の早期低減策の検討を行っていることから、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 29 年 2 月 23 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。